

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 394 373 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.03.2004 Patentblatt 2004/10

(51) Int Cl⁷: F01N 3/023, F01N 3/035,
F01N 3/08

(21) Anmeldenummer: 02018981.7

(22) Anmeldetag: 27.08.2002

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR
Benannte Erstattungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

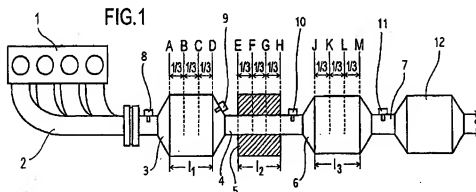
(71) Anmelder: AUDI AG
85045 Ingolstadt (DE)

(72) Erfinder: Odendall, Bodo
86633 Neuburg (DE)

(54) Verfahren zum Aufheizen eines Rußfilters bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors-insbesondere eines Dieselmotors-mit wenigstens einem Katalysator und einem diesem in Strömungsrichtung nachgeordneten Rußfilter zum Speichern des Rußes

(57) Verfahren zum Aufheizen eines Rußfilters bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors-insbesondere eines Dieselmotors-mit wenigstens einem Katalysator und einem diesem in Strömungsrichtung nachgeordneten Rußfilter zum Speichern des Ru-

ßes, bei dem der dem Rußfilter vorgeordnete Katalysator (6) soweit aufgeheizt wird, dass die aus dem Katalysator in den Rußfilter (12) eingeleitete Wärmemenge den Rußfilter soweit aufheizt, dass die Verbrennung des Rußes eingeleitet wird.



EP 1 394 373 A1

1

EP 1 394 373 A1

2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufheizen eines Rußfilters bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors - insbesondere eines Dieselmotors - mit wenigstens einem Katalysator und einem diesem in Strömungsrichtung nachgeordneten Rußfilter zum Speichern des Rußes.

[0002] Bei Dieselmotoren ist es bekannt, in der Abgasanlage Rußfilter einzusetzen. Um die Funktionsfähigkeit des Rußfilters zu gewährleisten, ist es erforderlich, den Rußfilter von Zeit zu Zeit auszutauschen oder zu regenerieren. Zur Regeneration ist es bekannt, den im Rußfilter angesammelten Ruß zu verbrennen. Da die hierfür im Rußfilter erforderliche Temperatur bei einem Dieselmotor - wenn überhaupt - nur sehr aufwendig vom Motor in den Rußfilter eingeleitet werden kann, ist es beispielsweise aus der DE 196 18 397 A1 bekannt, den angesammelten Ruß mit zusätzlichem Brennstoff zu befeuchten und somit die zum Verbrennen erforderliche Temperatur herbeizusetzen. Dies ist nicht nur mit zusätzlichem Aufwand für die Brennstoffzufuhr, sondern auch mit zusätzlichen Maßnahmen gegen ungewünschte Zündung im Rußfilterbereich verbunden.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit geringem Aufwand einen Rußfilter bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors - insbesondere eines Dieselmotors - zur Einleitung der Verbrennung des Rußes aufzuheizen.

[0004] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch das Verfahren gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, zum Aufheizen eines Rußfilters bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors - insbesondere eines Dieselmotors - mit wenigstens einem Katalysator und einem diesem in Strömungsrichtung nachgeordneten Rußfilter zum Speichern des Rußes gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, bei dem der dem Rußfilter vorgeordnete Katalysator soweit aufgeheizt wird, dass die aus dem Katalysator in den Rußfilter eingeleitete Wärmemenge den Rußfilter soweit aufheizt, dass die Verbrennung des Rußes eingeleitet wird. In einfacher Weise kann hierdurch die zur Einleitung der Rußverbrennung einleitende Wärme in baulicher Nähe zum Rußfilter und unabhängig von Anordnung und Ausbildung des Motors erzeugt werden. Hierzu können bereits bekannte, zuverlässige Verfahren zur Aufheizung von Katalysatoren eingesetzt werden. Auch bei Dieselmotoren mit ihrer schlechten Eignung zur ausreichenden Wärmeeinleitung vom Motor in den Rußfilter ist das Verfahren einfach und zuverlässig ohne zusätzliche Kraftstoffeintragung in den Rußfilter anwendbar. Die Wärmeverluste sind durch die bauliche Nähe gering.

[0005] Bevorzugt ist das Verfahren zum Aufheizen eines Rußfilters bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors - insbesondere eines Dieselmotors - mit wenigstens einem Katalysator und einem diesem in Strömungsrichtung nachgeordneten Rußfilter zum Speichern des Rußes gemäß den Merkmalen von

Anspruch 2, bei dem der dem Rußfilter vorgeordnete Katalysator durch exotherme Reaktion in dem dem Rußfilter vorgeordneten Katalysator so weit aufgeheizt wird, dass die aus dem Katalysator in den Rußfilter eingeleitete Wärmemenge den Rußfilter soweit aufheizt, dass die Verbrennung des Rußes eingeleitet wird. In einfacher Weise kann hierdurch die zur Einleitung der Rußverbrennung einleitende Wärme direkt in dem dem Rußfilter vorgeordneten Katalysator in baulicher Nähe zum Rußfilter und unabhängig von Anordnung und Ausbildung des Motors und von zusätzlich Heizmitteln erzeugt werden. Die Wärmeverluste sind hierdurch besonders gering.

[0006] Besonders vorteilhaft ist das Verfahren zum Aufheizen eines Rußfilters bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors - insbesondere eines Dieselmotors - mit mehreren in Abgasströmungsrichtung hintereinander angeordneten Katalysatoren und einem diesem nachgeordneten Rußfilter zum Speichern des Rußes gemäß den Merkmalen von Anspruch 3, wobei der in Strömungsrichtung nachgeordnete und dem Rußfilter unmittelbar vorgeordnete Katalysator dadurch aufgeheizt wird, dass die exotherme Reaktion aus einem in Strömungsrichtung vorgeordneten Katalysator - insbesondere zur Einleitung einer Entgiftung des nachgeordneten Katalysators - in den nachgeordneten Katalysator verlagert wird, und dass die Wärme aus dem in Strömungsrichtung nachgeordneten und dem Rußfilter unmittelbar vorgeordneten Katalysator in den Rußfilter eingeleitet wird. Auf diese Weise erfolgt gezielt die Aufheizung des stromabwärts nachgeordneten und dem Rußfilter vorgeordneten Katalysators. Energieverluste aufgrund eines Einleitens der Wärmeenergie durch Wärmeübertragung und der Wärmeleitung von außen und hiermit verbundene Gefahren des Überhitzens anderer Bauteile - insbesondere vorgeordnete Katalysatoren - werden vermieden. Da die Aufheizung lediglich durch die Verlagerung der exothermen Reaktion aus dem stromaufwärts vorgeordneten Katalysator in den stromabwärts nachgeordneten Katalysator erfolgt, werden lediglich Reaktionen genutzt, die ohnehin bereits bei der üblichen Abgasreinigung mit zwei in Strömungsrichtung hintereinander angeordneten Katalysatoren erfolgen. Somit kann in sehr einfacher Weise ohne zusätzliche Reaktionen und ohne zusätzliche Mittel zur Temperaturbegrenzung anderer Bauteile der stromabwärts nachgeordnete Katalysator - insbesondere zur Einleitung einer Entgiftung des nachgeordneten Katalysators - und der diesem nachgeordnete Rußfilter zur Einleitung der Rußverbrennung aufgeheizt werden. Das Verfahren ermöglicht einen sehr geringen Energieverbrauch und somit verbrauchsarme Motoren.

[0007] Bevorzugt ist das Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 4, bei dem in einfacher Weise die Verlagerung durch eine λ -Regelung mit alternierendem Fett - Mager - Betriebs - Zyklus des Verbrennungsmotors und somit die Aufheizung des stromabwärts liegenden Katalysators gesteuert erzielt werden kann. Dabei

können die Abgasemissionen gesteuert und auf niedrigem Niveau gehalten werden.

[0008] Das Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 5 ist besonders vorteilhaft, da hierdurch sehr einfach die zur Abgasreinigung im Normalbetrieb der Abgasreinigung im stromaufwärts angeordneten Katalysator durchgeführte Reduktion der Schadstoffe HC und CO in den stromabwärts angeordneten Katalysator verlagert wird, wodurch der stromabwärts angeordnete Katalysator aufgeheizt wird. Die Schadstoffe können unverändert abgebaut werden.

[0009] Bevorzugt wird λ zum Aufheizen so geregelt, dass für λ im zyklischen Fett-Betrieb während des Aufheizens gilt: $0,95 \geq \lambda \geq 0,9$. Hierdurch erfolgt durch den sehr fetten Betrieb in kurzer Zeit die Verlagerung der exothermen Reaktion in den stromabwärts angeordneten Katalysator, so dass die erforderliche Temperatur in kurzer Zeit erreicht wird.

[0010] Das Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 7 ermöglicht eine sehr empfindliche Regelung des Fett-Mager-Betriebszyklus und somit sowohl die Aufheizung als auch die Abgaszusammensetzung. Bevorzugt sind die Verfahren gemäß den Merkmalen der Ansprüche 8 bzw. 9, durch die die Abgasgrenzwerte zuverlässig eingehalten werden und dennoch eine einfache und betriebssichere Temperaturerhöhung erzielt werden kann.

[0011] Das Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 10 ermöglicht es, den Rußfilter zur Einleitung der Rußverbrennung aufzuheizen, ohne den Oxidationskatalysator zu überhitzen.

[0012] Das Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 11 ermöglicht es, besonders vorteilhaft die Rußgeneration zu fördern durch NO_x -Bildung.

[0013] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren 1 bis 7 am Beispiel eines direkt einspritzenden Dieselmotors beispielhaft näher erläutert. Hierin zeigen:

Figur 1 den schematischen Aufbau einer Abgasanlage eines direkt einspritzenden Dieselmotors;

Figur 2a,b zwei Diagramme zur Darstellung des Aufheizungsverhaltens der Abgasanlage von Figur 1 ohne die erfindungsgemäße Verlagerung der exothermen Reaktion in den stromabwärts angeordneten Katalysator, wobei

Figur 2a mit relativer Temperaturverteilung bei einer Geschwindigkeit von 200 km/h und

Figur 2b mit relativer Temperaturverteilung bei Tempo 120 km/h darstellt;

Figur 3 Darstellung zur Erläuterung des Funktionsprinzips der λ -Variation zur Aufheizung mit Darstellung der λ -Variation und

der hierdurch bedingten Veränderungen des O_2 -Speicherinhalts des stromauf- und stromabwärts angeordneten Katalysators;

Figur 4 Diagramm zur Darstellung der relativen Temperaturverteilung bei erfindungsgemäßer λ -Variation zur Aufheizung bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h;

Figur 5 qualitative Darstellung der relativen Temperatur und der messbaren HC-Mengen in der Abgasanlage über der Länge der Abgasanlage im aufgeheizten Zustand;

Figur 6 Darstellung der Veränderung des relativen O_2 -Speicherinhalts des stromauf- und stromabwärts angeordneten Katalysators über der Zeit; und

Figur 7 den schematischen Aufbau einer alternativen Ausführung einer Abgasanlage eines direkt einspritzenden Turbodieselmotors.

[0014] In Figur 1 ist eine Abgasanlage am Beispiel eines direkt einspritzenden Verbrennungsmotors nach Diesel-Bauart dargestellt. Aus dem Verbrennungsmotor 1 werden in bekannter Weise über Abgasrohre 2, einen Oxidationskatalysator 3, ein Abgasrohr 4, einen NO_x -Adsorber 6 bzw. einen Dreiwegkatalysator und einen Rußfilter 12 und ein Abgasrohr 7 die Abgase abgeleitet. Dem Oxidationskatalysator 3 vorgeordnet ist eine Breitwand-Lambdasonde 8 und nachgeordnet eine Lambdasonde 9 bekannter Art, durch welche Abweichungen des λ -Werts der Abgase vor und hinter dem Oxidationskatalysator 3 vom stöchiometrischen Wert $\lambda = 1$ erfasst werden. Ebenso ist in bekannter Weise dem NO_x -Adsorber 6 nachgeordnet eine Lambdasonde 11 angeordnet, welche Abweichungen des λ -Werts vom stöchiometrischen Wert $\lambda = 1$ hinter dem NO_x -Adsorber 6 erfasst. In bekannter Weise ist das Abgasrohr 4 zwischen dem Oxidationskatalysator 3 und dem NO_x -Adsorber 6 und optional durch einen Abgaskühler 5 bekannter Art geführt und zur Erfassung der Eingangstemperatur des Abgases in den NO_x -Adsorber 6 dem NO_x -Adsorber 6 vorgelagert ein Temperatursensor 10 angeordnet. Der Oxidationskatalysator 3 ist in bekannter Weise mit einer oberen Temperaturgrenze von 950°C, der NO_x -Adsorber 6 mit einer oberen Temperaturgrenze von 750°C ausgelegt. Der Arbeitsbereich des NO_x -Adsorbers 6 liegt in bekannter Weise zwischen 250°C und 450°C.

[0015] Zur Erläuterung der Temperaturveränderungen wurde in Figur 1 der Oxidationskatalysator 3 in seiner Länge l_1 in drei gleich lange Abschnitte aufgeteilt. Die Position zu Beginn des Katalysators ist mit A, die Position nach einem Drittel der Länge l_1 mit B, die Position nach zwei Dritteln l_1 mit C und die Position am

Ende von I_1 mit D bezeichnet. Ebenso ist der Abgaskühler 5 seiner Länge I_2 nach in drei gleich lange Abschnitte unterteilt, wobei E den Eingang des Abgaskühlers 5, F die Position nach einem Drittel I_2 , G die Position nach zwei Dritteln I_2 und H die Position am Ende des Abgaskühlers 5 angibt. In gleicher Weise wurde der NO_x -Adsorber 6 seiner Länge I_3 nach in drei gleich lange Abschnitte unterteilt, wobei J die Position zu Beginn des NO_x -Adsorbers 6, K die Position nach einem Drittel I_3 , L die Position nach zwei Dritteln I_3 und M die Position am Ausgang des NO_x -Adsorbers 6 angibt.

[0016] Der in den Figuren 2a, 2b, 4 und 6 dargestellte zeitliche Temperaturverlauf kann beispielsweise mit Hilfe des Brennwerteintrages ermittelt werden. Zur genaueren Bestimmung des Brennwerteintrages in dem NO_x -Adsorber 6 wird das λ -Signal vor dem Oxidationskatalysator 3 und nach dem NO_x -Adsorber 6 herangezogen. Der Brennwerteintrag in den NO_x -Adsorber 6 ergibt sich aus dem Breitbandsignal der Lambdasonde 8 vor dem Oxidationskatalysator 3 und der Zeit, die zwischen dem Fett-Durchbruch der Lambdasonde 9 nach dem Oxidationskatalysator 3 und dem Fett-Durchbruch der Lambdasonde 11 nach dem NO_x -Adsorber 8 liegt. Zur Vermeidung eines Fett-Durchbruchs wird eine maximale Zeit bis kurz vor dem Durchbruch für die Fett-Phase in einem Kennfeld über der Abgasmasse abgelegt. Mit dem Brennwerteintrag in den NO_x -Adsorber 6 und mit den mit dem Temperatursensor 10 gemessenen Temperaturen vor dem NO_x -Adsorber 6 wird die Temperatur im NO_x -Adsorber 6 berechnet.

[0017] Zur Diagnose kann die Zeit bis zum Fett-Durchbruch mit den im Kennfeld abgelegten Zeiten verglichen werden.

[0018] Die Figuren 2a und 2 b zeigen den zeitlichen Temperaturverlauf TA, TB, TC, TD, TH, TK, TL, TM in den Positionen A, B, C, D, H, K, L, M sowie beispielhaft für die Abgasbestandteile CO, HC und NO_x den zeitlichen Verlauf der gemessenen CO-Werte am Eingang des Oxidationskatalysators 3, gemessen durch die Breitband-Lambdasonde 8, und den zeitlichen Verlauf der gemessenen CO-Werte im Anschluss an den NO_x -Adsorber 6, gemessen durch die Lambdasonde 11, beim Versuch, ohne weitere Maßnahmen eine Temperaturerhöhung zu erzielen, um eine Desulfatisierung einzuleiten.

[0019] In Fig 2a kann bei Vollast bei einer Geschwindigkeit von 200 km/h erkannt werden, dass die vom Verbrennungsmotor 1 in den motorischen Oxidationskatalysator 3 eingeleitete Verbrennungsenergie Temperaturen erzeugt, die ausgehend von der Eingangstemperatur TA im Oxidationskatalysator 3 in der Ebene A mit konstant $0,9 \cdot T_{\text{max}}$ in den in Abgasförderleitung nachgeordneten Positionen zu Beginn dieser reinen Motoraufheizung noch unterhalb dieser Temperatur liegen, wobei bereits nach kurzer Zeit im Oxidationskatalysator 3 die Temperaturen TB, TC und TD aufgrund der exothermen Reaktionen im Oxidationskatalysator 3 auf Werte zwischen $0,9 \cdot T_{\text{max}}$ und $0,95 \cdot T_{\text{max}}$ an-

steigen. Etwas zeitverzögert werden auch die Temperaturen TK in der Position K, TL in der Position L und TM in der Position M des NO_x -Adsorbers 6 aus dem optimalen Arbeitsbereich des NO_x -Adsorbers 6 von $0,25 \cdot T_{\text{max}}$ bis $0,45 \cdot T_{\text{max}}$ angehoben und erreichen Werte bis zu $0,75 \cdot T_{\text{max}}$, so dass eine Einleitung der Rußverbrennung im direkten oberen Temperaturgrenzbereich bei diesem Vollastfall möglich ist.

[0020] Figur 2b zeigt die gleiche Abgasanlage bei dem gleichen Motor, jedoch im Teillastbetrieb bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h.

[0021] Aus den Diagrammen kann erkannt werden, dass die Temperaturen TA, TB, TC, TD in den Ebenen A, B, C, D des Oxidationskatalysators 3 aufgrund der deutlich geringeren Eingangstemperatur TA nur noch Werte bis zu $0,75 \cdot T_{\text{max}}$ annehmen und die Temperaturen TK, TL, TM in den Positionen K, L, M des NO_x -Adsorbers 6 sich auf Temperaturwerte unter $0,55 \cdot T_{\text{max}}$ einstellen. Eine Einleitung der Rußverbrennung im Teillastbereich findet somit nicht statt.

[0022] In den Figuren 3 bis 6 ist die erfindungsgemäße Aufheizung auf eine Temperatur zur Einleitung der Rußverbrennung einer in Figur 1 gezeigten Abgasanlage schematisch dargestellt. Zum Aufheizen des NO_x -Adsorbers 6 und des Rußfilters 12 erfolgt eine kurze zyklische λ -Variation, wie sie in Figur 3 beispielhaft dargestellt ist. Hierzu wird nach festgelegten Fahrzyklen, beispielsweise 5000 oder 10000 km, nach welchen eine Einleitung der Rußverbrennung gewünscht ist, zur Aufheizung der Motor zyklisch fett bzw. mager betrieben. Die Zeitspanne zur Aufheizung soll möglichst minimiert werden. Beispielsweise beträgt sie zwischen 20 Sekunden und 2 Minuten je nach Last- und Anfangstemperatur des Rußfilters 12. Während der Zeitspanne der Fett-Phase Δt_f wird der Motor mit λ betrieben, für welches gilt: $0,95 \geq \lambda \geq 0,9$ beispielsweise 0,92. In der kurzen Zeitspanne Δt_m des Mager-Betriebs mit $\lambda \geq 1$ wird möglichst viel O_2 in den Oxidationskatalysator 3 und in den NO_x -Adsorber 6 eingebracht. Die Zeiten, in denen der Motor fett bzw. mager zu betreiben ist, sind in einem Kennfeld über der Gaseintrittstemperatur, der Motorluftmasse und dem λ -Werten für den Fett- bzw. Mager-Betrieb abgelegt.

[0023] Wie in Figur 3 dargestellt ist, erfolgt entsprechend der λ -Variation ein zyklisches Be- und Entladen des Sauerstoffspeichers im Oxidationskatalysator 3 sowie im NO_x -Adsorber 6, wobei die Beladung des Oxidationskatalysators 3 mit Beginn der Mager-Phase ($\lambda > 1$) beginnt und die Entladung des Oxidationskatalysators 3 mit Beginn der Fett-Phase beginnt. Das Be- und Entladen des NO_x -Adsorbers 6 ist gegenüber dem Zyklus des Oxidationskatalysators 3 phasenverschoben.

[0024] Figur 4 zeigt den Temperaturverlauf im Oxidationskatalysator 3 und im NO_x -Adsorber 6 sowie die CO-Emissionen vor (CO EIN) und nach (CO AUS) der Abgasanlage bei Teillastbetrieb mit einer Geschwindigkeit von 120 km/h. Der Fett-Mager-Zyklus ist so gewählt, dass die Fett-Phase in diesem Beispiel $\Delta t_f = 1,5$ Sekun-

den und die Mager-Phase $M_{\text{m}} = 0,5$ Sekunden beträgt. Wie für die Positionen B, C, D des Oxidationskatalysators 3 und für die Positionen K, L, M des NO_x -Adsorbers 6 von Figur 1 in Figur 4 deutlich zu erkennen ist, steigen die diesen Positionen zuzuordnenden Temperaturen TB, TC, TD, TK, TL, TM in den Fett-Phasen an. Die exotherme Verbrennung im NO_x -Adsorber 6 führt somit bereits nach kurzer Zeit zu einem Temperaturanstieg auch der Temperaturen TK, TL, TM in einen Bereich oberhalb von $0,85 \cdot T_{\text{max}}$ durch die exotherme Verbrennung unter Ausnutzung des gespeicherten Sauerstoffs im Oxidationskatalysator 3 und im NO_x -Adsorber 6. In dem dargestellten Beispiel wird während der Aufheizung ca. 50 Prozent der exothermen Verbrennungsbestandteile an CO und HC vom Oxidationskatalysator 3 in den NO_x -Adsorber 6 verlagert. In den Mager-Phasen werden die Sauerstoffspeicher des Oxidationskatalysators 3 und des NO_x -Adsorbers 6 mit O_2 gefüllt. Somit wird durch die λ -Variation gemäß Figur 3 bewirkt, dass ein Teil des Restbrennwertes im fetten Abgas nicht im Oxidationskatalysator 3, sondern im NO_x -Adsorber 6 in Wärme umgesetzt wird.

[0025] Die zeitliche Änderung des gespeicherten Sauerstoffs während des Fett-Mager-Zyklus im Oxidationskatalysator 3 und im NO_x -Adsorber 6 ist für einen Ausschnitt zwischen den Zeiten $t = 45$ Sekunden und $t = 50$ Sekunden aus Figur 4 in Figur 6 vergrößert dargestellt. In den Mager-Phasen, zum Beispiel zwischen den Zeiten $t = 45,3$ bis $t = 46,0$ Sekunden, werden die Sauerstoffspeicher des Oxidationskatalysators 3 und des NO_x -Adsorbers 6 aufgeladen, wobei ausgehend von der Position B über die Position C und die Position D des Oxidationskatalysators 3 über die Positionen K, L, M des NO_x -Adsorbers 6 von Figur 1 zeitverzögert die Aufladung erfolgt. In den Fett-Phasen, zum Beispiel zwischen den Zeiten $t = 45,3$ und $t = 46,0$ Sekunden, werden die Sauerstoffspeicher in der gleichen Reihenfolge wieder entleert. Es sind Fälle denkbar, in denen eine völlige Entleerung des Sauerstoffspeichers des NO_x -Adsorbers 6 zu hohen Endrohrmissionen führen und gleichzeitig auch der hintere Teil des NO_x -Adsorbers 6 überhitzt werden könnte. Der Sauerstoffspeicher des NO_x -Adsorbers 6 wird deshalb - soweit diese Gefahr besteht - nicht vollständig entleert, sondern beispielsweise lediglich zu 30 Prozent.

[0026] Wie in Figur 4 zu erkennen ist, wird der Oxidationskatalysator 3 bei diesem Lastfall auf Temperaturen zwischen ca. $0,75 \cdot T_{\text{max}}$ und $0,89 \cdot T_{\text{max}}$ erhitzt und der NO_x -Adsorber 6 auf Temperaturen zwischen $0,85 \cdot T_{\text{max}}$ und $0,7 \cdot T_{\text{max}}$, so dass eine Einleierung der Rußverbrennung sicher durchgeführt werden kann. Die Rußverbrennung erfolgt in bekannter, nicht näher dargestellter Weise. Vom NO_x -Adsorber 6 wird über das derartig erhitzte Abgas auch der nachfolgend angeordnete Rußfilter 12 derart erhitzt, dass auch der darin gesammelte Ruß verbrannt wird.

[0027] Wie in Figur 4 zu erkennen ist, steigt der CO-Gehalt am Ende einer Fett-Phase hinter dem NO_x -

Adsorber 6 geringfügig an. Dieses Zeichen des Fett-Durchbruchs durch den NO_x -Adsorber 6 wird von der Lambdasonde 11 hinter dem NO_x -Adsorber 6 festgestellt und bei Erreichen des vorgegebenen Schwellenwertes wird die Mager-Phase direkt eingeleitet. Ebenso wird ein Durchbrechen der Mager-Phase durch den NO_x -Adsorber 6 von der Lambdasonde 9 erfasst. Bei Erreichen eines vorgegeben Schwellenwertes wird direkt die Fett-Phase eingeleitet.

[0028] Figur 5 zeigt den qualitativen Temperaturverlauf und Abgasschadstoffverlauf am Beispiel von HC über der Länge des Abgassystems bei Erreichen der Desulfatisierungstemperatur im NO_x -Adsorber 6.

[0029] Obwohl in den oben genannten Ausführungen die Lambdasonde 11 zwischen NO_x -Adsorber 6 und dem Rußfilter 12 angeordnet dargestellt ist, ist es ebenso möglich, die Lambdasonde 11 dem Rußfilter 12 nachgeordnet auszubilden. Ebenso ist es denkbar, die Lambdasonde 9 und/oder die Breitwand-Lambdasonde 8 den individuellen Anforderungen entsprechend an anderer geeigneter Stelle zu platzieren und gegebenenfalls durch andere geeignete Sensoren zu ersetzen oder bei ausreichender sonstiger Information über den Abgaszustand fallen zu lassen.

[0030] Figur 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem der Rußfilter 12 unmittelbar an den NO_x -Adsorber 6 angrenzt.

[0031] In einer weiteren, nicht dargestellten Ausführung ist der Rußfilter 12 und der NO_x -Adsorber 6 als ein gemeinsames Bauteil ausgebildet.

[0032] Obwohl in den oben genannten Ausführungen die Wärmeerzeugung zur Aufheizung des Rußfilters 12 über einen zwischen Oxidationskatalysator 3 und Rußfilter 12 angeordneten NO_x -Adsorber 6 erfolgt, ist es ebenso möglich, anstelle des NO_x -Adsorbers 6 zwischen Oxidationskatalysator 3 und Rußfilter 12 einen Drei-Wege-Katalysator bekannter Art anzuordnen, in dem über das oben beschriebene Verfahren der Variation des λ -Werts eine exotherme Reaktion erzeugt wird, die den Drei-Wege-Katalysator und den nachfolgend angeordneten Rußfilter 12 so weit aufheizt, dass der darin angesammelte Ruß verbrennt.

[0033] Soweit erforderlich, kann die λ -Variation auch zur Aufheizung des NO_x -Adsorbers 6 auf Desulfatisierungstemperatur zwecks Einleitung einer Entschwefelung eingesetzt werden.

[0034] Auch wenn sich die dargestellten Beispiele auf die Abgasanlage eines Dieselmotors beziehen, ist das erfindungsgemäße Verfahren ebenso bei anderen Motoren mit ähnlicher Abgasproblematik, bei denen die Forderung zur Aufheizung zwecks Regeneration eines Rußfilters einsetzbar,

BEZUGSZEICHENLISTE

[0035]

- 1 Verbrennungsmotor

9

EP 1 394 373 A1

10

2 Abgasrohr
3 Oxidationskatalysator
4 Abgasrohr
5 Abgaskühler
6 NO_x -Adsorber
7 Abgasrohr
8 Breitband-Lambdasonde
9 Lambdasonde
10 Temperatursensor
11 Kombinerter NO_x - und O_2 -Sensor
12 Rußfilter

unmittelbar vorgeordneten Katalysator in den Rußfilter eingeleitet wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufheizen eines Rußfilters bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors - insbesondere eines Dieselmotors - mit wenigstens einem Katalysator und einem diesem in Strömungsrichtung nachgeordneten Rußfilter zum Speichern des Rußes, dadurch gekennzeichnet, dass der dem Rußfilter vorgeordnete Katalysator (6) soweit aufgeheizt wird, dass die aus dem Katalysator in den Rußfilter (12) eingeleitete Wärmemenge den Rußfilter soweit aufheizt, dass die Verbrennung des Rußes eingeleitet wird.
2. Verfahren zum Aufheizen eines Rußfilters bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors - insbesondere eines Dieselmotors - mit wenigstens einem Katalysator und einem diesem in Strömungsrichtung nachgeordneten Rußfilter zum Speichern des Rußes gemäß den Merkmalen von Anspruch 1, dass der dem Rußfilter vorgeordnete Katalysator (6) durch exotherme Reaktion in dem dem Rußfilter vorgeordneten Katalysator (6) soweit aufgeheizt wird, dass die aus dem Katalysator in den Rußfilter (12) eingeleitete Wärmemenge den Rußfilter soweit aufheizt, dass die Verbrennung des Rußes eingeleitet wird.
3. Verfahren zum Aufheizen eines Rußfilters bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors - insbesondere eines Dieselmotors - mit mehreren in Abgasströmungsrichtung hintereinander angeordneten Katalysatoren und einem diesen nachgeordneten Rußfilter zum Speichern des Rußes gemäß den Merkmalen von Anspruch 1 oder 2, dass der in Strömungsrichtung nachgeordnete und dem Rußfilter unmittelbar vorgeordnete Katalysator dadurch aufgeheizt wird, dass die exotherme Reaktion aus einem in Strömungsrichtung vorgeordneten Katalysator (3) - insbesondere zur Einleitung einer Entgiftung des nachgeordneten Katalysators (6) - in den nachgeordneten Katalysator (6) verlagert wird, und dass die Wärme aus dem in Strömungsrichtung nachgeordneten und dem Rußfilter

4. Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 3, wobei die Verlagerung durch eine λ -Regelung mit alternierendem Fett - Mager - Betriebs - Zyklus des Verbrennungsmotors erfolgt.
5. Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 3 oder 4, wobei λ zum Aufheizen so geregelt wird, dass der Fett-Betrieb mit $\lambda < 1$ jeweils länger aufrechterhalten wird als das im Sauerstoffspeicher des stromaufwärts angeordneten Katalysators (3) gespeicherte O_2 die Schadstoffe HC und CO umsetzen kann, so dass die Umsetzung zumindest teilweise durch das im Sauerstoffspeicher des stromabwärts angeordneten Katalysators (6) gespeicherte O_2 erfolgt, und wobei im Mager-Betrieb mit $\lambda > 1$ die beiden Sauerstoffspeicher wieder gefüllt werden.
6. Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 4 oder 5, wobei λ zum Aufheizen so geregelt wird, dass für λ im zyklischen Fett-Betrieb während des Aufheizens gilt: $\lambda = 0,95 \geq \lambda \geq 0,9$.
7. Verfahren gemäß den Merkmalen von einem der Ansprüche 3 bis 6, wobei die Regelung des Fett-Mager-Betriebs-Zyklus mittels O_2 -Sensoren - insbesondere mittels λ -Sonden - erfolgt, die in einer dem stromabwärts angeordneten Katalysator (6) nachgeordneten Position Abgas überprüfen.
8. Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 7, wobei im Fett-Betrieb λ hinter dem stromabwärts angeordneten Katalysator (6) gemessen wird und bei Unterschreiten eines vorgegebenen oberen Schwellwertes für λ vom Fett-Betrieb auf Mager-Betrieb umgestaltet wird.
9. Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 7 oder 8, wobei im Mager-Betrieb λ hinter dem stromabwärts angeordneten Katalysator (6) gemessen wird und beim Überschreiten eines vorgegebenen unteren Schwellwertes für λ vom Mager-Betrieb auf Fett-Betrieb umgestellt wird.
10. Verfahren gemäß den Merkmalen von einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 9, bei denen der vorgeordnete Katalysator (3) ein Oxidationskatalysator und der nachgeordnete Katalysator (6) ein NO_x -Adsorber ist, wobei der NO_x -Adsorber (6) durch die Verlagerung der exothermen Reaktion aus dem Oxidationskatalysator (3) in den NO_x -Adsorber (6) - insbesondere

11

EP 1 394 373 A1

12

auf Desulfatisierungstemperatur - aufgeheizt wird.

11. Verfahren gemäß den Merkmalen von einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 9, bei denen der vorgeordnete Katalysator (3) ein Oxidationskatalysator und der nachgeordnete Katalysator ein Drei-Wege-Katalysator mit Sauerstoffspeicher ist, wobei der Drei-Wege-Katalysator (6) durch die Verlagerung der exothermen Reaktion aus dem ersten Oxidationskatalysator (3) in den Drei-Wege-Katalysator aufgeheizt wird.

15

20

25

30

35

40

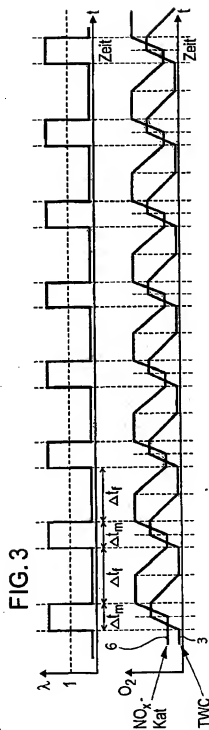
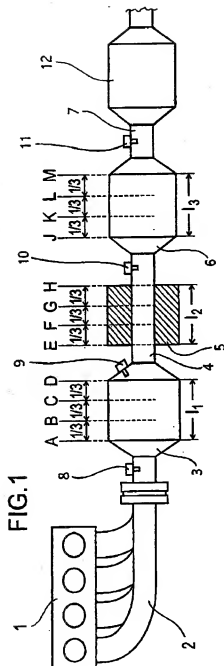
45

50

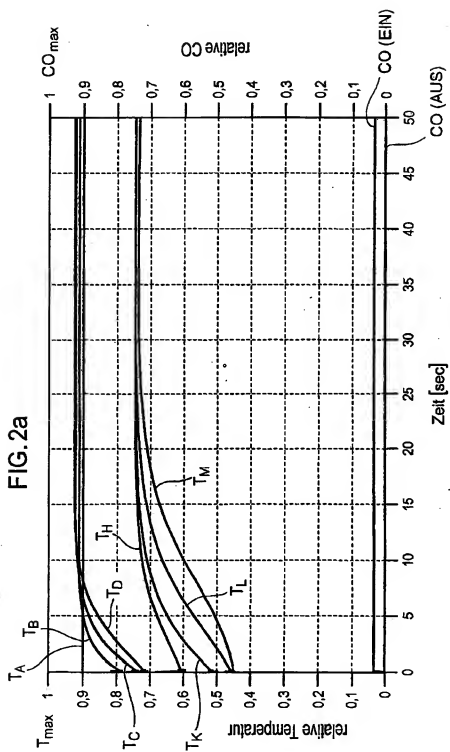
55

7

EP 1 394 373 A1

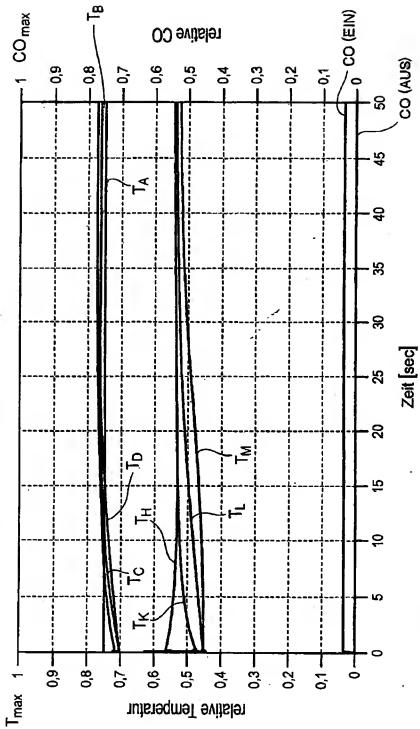


EP 1 394 373 A1



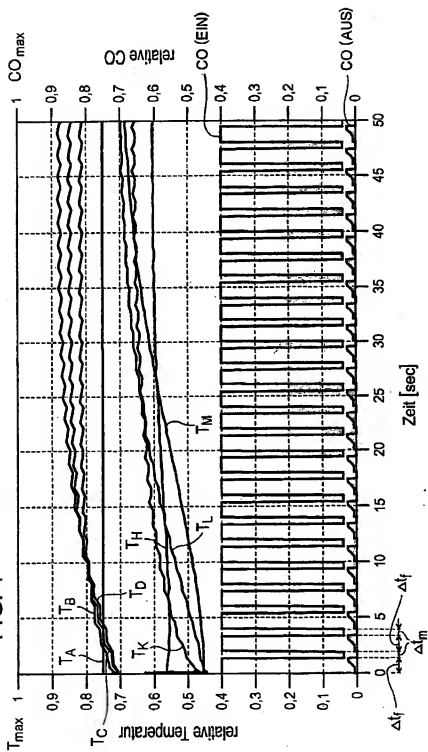
EP 1 394 373 A1

FIG.2b Stand der Technik

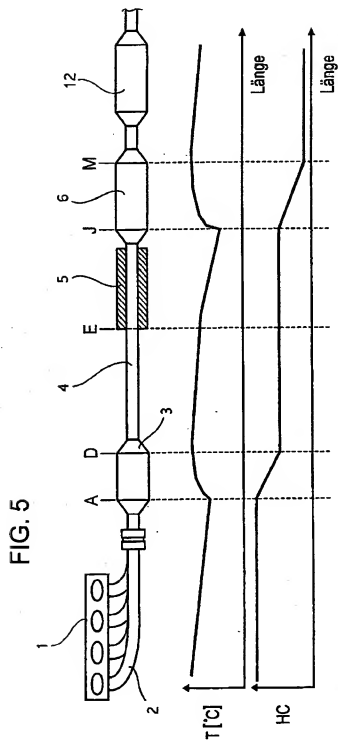


EP 1 394 373 A1

FIG. 4

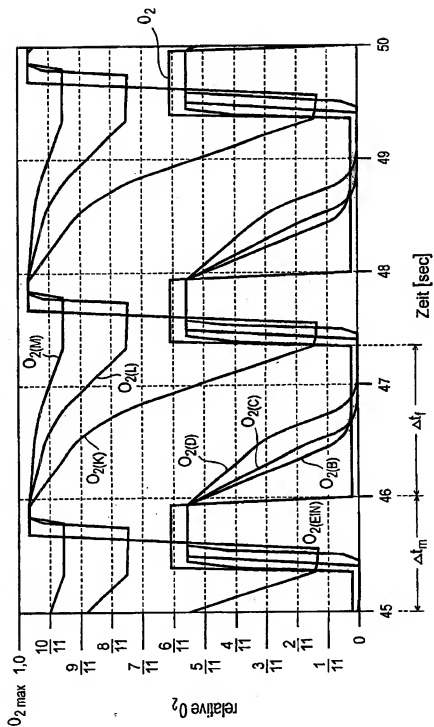


EP 1 394 373 A1



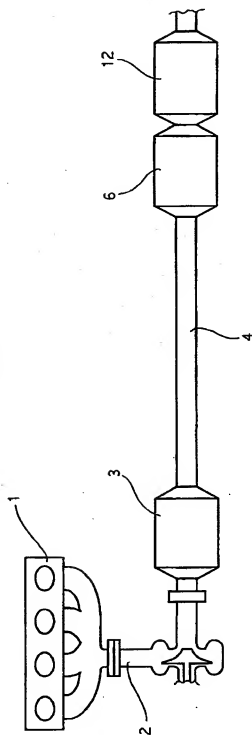
EP 1 394 373 A1

FIG. 6



EP 1 394 373 A1

FIG. 7



EP 1 394 373 A1

Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 02 01 8981

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE		
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Befehl Anspruch
X	DE 100 33 159 A (DAIMLER CHRYSLER AG) 17. Januar 2002 (2002-01-17) * das ganze Dokument *	1,2
X	WO 01 04466 A (CHANDER GUY RICHARD ; JOHNSON MATTHEY PLC (GB); WARREN JAMES PATRIC) 18. Januar 2001 (2001-01-18) * Ansprüche 1,2 *	1,2
X	FR 2 774 427 A (PEUGEOT) 6. August 1999 (1999-08-06) * Anspruch 1; Abbildung 1 *	1,2
X	FR 2 774 422 A (PEUGEOT) 6. August 1999 (1999-08-06) * Seite 2, Zeile 24 - Seite 3, Zeile 3 *	1
X	US 5 207 990 A (SEKIYA YOSHIKI ET AL) 4. Mai 1993 (1993-05-04) * Spalte 1, Zeile 52 - Spalte 2, Zeile 23 *	1,2
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 06, 28. Juni 1996 (1996-06-28) & JP 08 042326 A (HINO MOTORS LTD), 13. Februar 1996 (1996-02-13) * Zusammenfassung *	1,2
A	US 2002/053202 A1 (AKAMA HIROSHI ET AL) 9. Mai 2002 (2002-05-09) * das ganze Dokument *	1-11
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
Recherchant	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
MÜNCHEN	18. Dezember 2002	Tatus, W
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		
<p>X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A: technischer Hintergrund O: nichtöffentliche Offenbarung P: Zwischenfindung</p> <p>T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument A: Mitglied der gleichen Patentfamilie, aber veranlassendes Dokument</p>		

(10) 2002 150 02 02 (PAC/01)

EP 1 394 373 A1

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.

EP 02 01 8981

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterstützung und erfolgen ohne Gewähr.

18-12-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 10033159	A	17-01-2002	DE	10033159 A1	17-01-2002
			FR	2811370 A1	11-01-2002

WO 0104466	A	18-01-2001	EP	1194681 A1	10-04-2002
			WO	0104466 A1	18-01-2001

FR 2774427	A	06-08-1999	FR	2774427 A1	06-08-1999

FR 2774422	A	06-08-1999	FR	2774422 A1	06-08-1999

US 5207990	A	04-05-1993	JP	4041914 A	12-02-1992
			DE	4117676 A1	05-12-1991

JP 08042326	A	13-02-1996	KEINE		

US 2002053202	A1	09-05-2002	JP	2002153733 A	28-05-2002

EPO FORM 1001

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang: siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/02



US00682366B2

(12) **United States Patent**
Odendall

(10) **Patent No.:** **US 6,823,666 B2**
(45) **Date of Patent:** **Nov. 30, 2004**

- (54) **PROCESS FOR HEATING A SOOT FILTER IN AN EXHAUST GAS SYSTEM OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE, PARTICULARLY A DIESEL ENGINE, WITH AT LEAST ONE CATALYTIC CONVERTER AND A SOOT FILTER MOUNTED DOWNSTREAM FROM THE ENGINE FOR ACCUMULATION OF THE SOOT**

5,746,889 A *	5/1998	Murachi et al.	423/213.7
6,233,927 B1 *	5/2001	Hirota et al.	60/297
6,293,096 B1 *	9/2001	Khair et al.	60/286
6,304,815 B1 *	10/2001	Morral et al.	701/115
6,412,276 B1 *	7/2002	Salvat et al.	60/295
6,546,721 B2 *	4/2003	Hirota et al.	60/297
2002/0053202 A1 *	5/2002	Aizawa et al.	60/297
2003/0115859 A1 *	6/2003	Deeba	60/297
2003/0140630 A1 *	7/2003	Sligajew et al.	60/286
2003/0167756 A1 *	9/2003	Szymkowitz	60/289

(75) **Inventor:** Bodo Odendall, Neuburg (DE)

(73) **Assignee:** Audi AG (DE)

(*) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

DE	196 18 397	11/1997	F01N/3/02
DE	100 33 159	1/2002	F01N/3/035
FR	2 774 422	8/1999	F01N/3/02
FR	2 774 427	8/1999	F02D/41/30
JP	08042326	2/1996	F01N/3/02
WO	WO 01/04466	1/2001	F01N/3/021

* cited by examiner

(21) **Appl. No.:** 10/441,056

(22) **Filed:** May 20, 2003

(65) **Prior Publication Data**

US 2004/0040292 A1 Mar. 4, 2004

(30) **Foreign Application Priority Data**

Aug. 27, 2002 (EP) 02018981

(51) **Int. Cl.** F01N 3/00

(52) **U.S. Cl.** 60/297; 60/274; 60/276;
60/285; 60/311; 423/213.7

(58) **Field of Search** 60/274, 285, 286,
60/295, 297, 300, 303, 311, 276; 422/169,
170, 171, 177; 423/213.2, 213.7

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

5,207,990 A 5/1993 Sekiya et al. 422/183

Primary Examiner—Tu M. Nguyen

(74) **Attorney, Agent, or Firm**—Stevens, Davis, Miller & Mosher, LLP

(57) **ABSTRACT**

A process for heating a carbon filter in an exhaust gas system of an internal combustion engine, in particular a diesel engine, with at least one catalytic converter and a carbon filter mounted downstream from the catalytic converter in the direction of flow for accumulating carbon. The catalytic converter mounted upstream from the carbon filter is heated to the extent that the amount of heat from the catalytic converter introduced into the carbon filter heats the carbon filter to the extent that combustion of the carbon is initiated.

17 Claims, 7 Drawing Sheets

